

RAPPORT LNR 3839-98

Bruk av Årdalsvatn som råvannskilde for drikkevann

En vurdering av vannkvalitetens
egnethet

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Titel Bruk av Årdalsvatn som råvannskilde for drikkevann. En vurdering av vannkvalitetens egnethet.	Løpnr. (for bestilling) 3839-98	Dato 25.januar 1998
	Prosjektnr. Undernr. O-97130	Sider Pris 43
Forfatter(e) Pål Brettum	Fagområde Vannforsyning	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Årdal kommune og Hydro Energi Sogn gjennom konsulentfirmaet Ing. Vidar Tveiten A/S	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammenheng

Rapporten gir en vurdering av hvor egnet vannmassene i Årdalsvatn er som råvannskilde for drikkevannsforsyningen i Øvre Årdal. Som basis for vurderingen er benyttet resultatene av kontrollundersøkelsene i Årdalsvatn 1997, utvidet med en rekke parametre, og prøver fra flere dyp. Særlig fra st. I helt nord i Årdalsvatn og nærmest Øvre Årdal ble et mer omfattende analyseprogram gjennomført. Denne stasjonen er mest representativ for et eventuelt inntaksområde for vann til drikkevannsforsyningen. Høy lufttemperatur og avsmelting fra områder med breer og permanente snøleier ga mye breslam i Årdalsvatn i 1997, og redusert siktedyp til bare 3.5-4.5 m.

Analyseresultatene for de kjemiske parametrene er sammenlignet med drikkevannsnormer gitt i SFT-veiledning nr.92:06; "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" og "Forskrifter om drikkevannsforsyning og drikkevann m.m. nr.68" (Sosialdept. 1995).

Ut fra analyseresultatene for stasjon 1 i 1997 ga dette som resultat "godt egnet" til "egnet" for pH, konduktivitet og farge, "egnet til "mindre egnet" for turbiditet. Fosfor og nitrogen viste "godt egnet". Metallanalysene viste "godt egnet" for de fleste metaller, bare innholdet av aluminium kom i kategorien "mindre egnet", mens kadmium varierte mellom "godt egnet" og "mindre egnet". Planteplanktoninnholdet viste ultraoligotrofe, svært næringsfattige vannmasser.

Innholdet av termotolerante koliforme bakterier (44 ° C), særlig på stasjon 1, var til tider så stort at det kommer inn under betegnelsen "mindre egnet" og tildels "ikke egnet", basert på SFTs klassifiseringskriterier for egnethet av råvann til drikkevann.

Selv om vannmassene for de fleste parametres vedkommende lå godt innenfor intervallet "godt egnet", trekker det store innholdet av termotolerante bakterier i første rekke, men også innholdet av aluminium og kadmium, helhetsinntrykket ned. Den samlede vurderingen ut fra dagens situasjon må bli "mindre egnet" for vannmassene i Årdalsvatn ved stasjon 1, som råvannskilde for drikkevannsforsyningen i Øvre Årdal, med mindre man installerer tilstrekkelig behandling.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vannkvalitet	1. Water quality
2. Drikkevann	2. Drinking water
3. Årdalsvatn	3. Lake Årdalsvatn
4. Vannkjemi, planteplankton og bakteriologi	4. Water chemistry, phytoplankton and bacteriology


Pål Brettum
Prosjektleder

ISBN 82-577-3419-5


Dag Berge
Forskningsjef

O-97130

**Bruk av Årdalsvatn som råvannskilde for
drikkevann**

En vurdering av vannkvalitetens egnethet

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ble av konsulentfirmaet Ingeniør Vidar Tveiten A/S bedt om å gi en vurdering av vannkvaliteten i Årdalsvatn og om vannet der var egnet som råvannskilde for drikkevann til Øvre Årdal. Bruk av Årdalsvatn som drikkevannskilde er en av flere alternative drikkevannskilder som vil bli vurdert.

Kontrollundersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn er blant annet gjennomført av NIVA i 1990, 1992, 1994 og 1997.

I forbindelse med vurderingen av Årdalsvatnets egnethet som råvannskilde var det ønskelig med flere analyser enn de som var aktuelle for kontrollundersøkelsene. Prøver for kontrollundersøkelsene i 1997 ble samlet inn som blandprøver i 0-10 m dyp fra fire stasjoner som tidligere år. Programmet ble utvidet med samtidige prøver fra 30 m dyp. I tillegg ble prøver samlet inn fra 50 og 60 m dyp på stasjon 1, nærmest Øvre Årdal, første prøvetakingstidspunkt. Kontrollundersøkelsene er betalt av Årdal kommune mens tilleggsanalysene og utformingen av denne rapporten er betalt av Hydro Energi Sogn.

All innsamling av prøver og målinger av siktedyp og temperatur i felt er utført av personell knyttet til Kommunaltekniske tenester i Årdal kommune etter forutgående instruks fra NIVA. Pål Brettum fra NIVA var med på første prøvetakingsrunde. Prøver ble samlet inn på de fire stasjonene 20. juli, 25. august og 22. september 1997.

De fysisk-kjemiske analysene er utført ved NIVAs analyselaboratorium. Planteplanktonanalysene er utført av Pål Brettum, som også har utformet og står ansvarlig for denne rapporten.

Næringstilsynet for Sogn i Sogndal har hatt ansvaret for de bakteriologiske analysene.

Oslo, 25.januar 1998

Pål Brettum

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
1. Innledning	8
1.1 Tidligere undersøkelser og bakgrunn	8
1.2 Undersøkellesprogram	8
2. Resultater og diskusjon	11
2.1 Nedbørforholdene	11
2.2 Lufttemperaturen	11
2.3 Vannføring	11
2.4 Fysisk-kjemiske forhold	13
2.4.1 Temperatur og siktedyp	13
2.4.2 Surhetsgrad, konduktivitet, turbiditet og farge	14
2.4.3 Næringssaltene fosfor og nitrogen	19
2.4.4 Totalt organisk karbon (TOC)	19
2.4.5 Innholdet av metaller	23
2.4.6 Organiske forbindelser (PAH)	25
2.5 Planteplankton	26
2.6 Bakteriologiske forhold	29
2.7 Sammenfattende vurderinger	32
3. Referanser	34
4. Vedlegg	35

Sammendrag og konklusjoner

Årdal kommune i samarbeid med Hydro Energi Sogn ønsket, i forbindelse med vurdering av ulike alternativer for ny råvannskilde til drikkevannsforsyningen i Øvre Årdal, å undersøke Årdalsvatnets vannmasser som et av alternativene.

I 1997 ble det foretatt en kontrollundersøkelse av vannkvaliteten i Årdalsvatn i kommunens regi. For å utvide grunnlaget for en vurdering av Årdalsvatns egnethet som råvannskilde ble undersøkelsesprogrammet for kontrollundersøkelsene økt med flere parametre og prøver fra flere dyp.

Særlig området helt nord i Årdalsvatn, nærmest Øvre Årdal, ville være det mest sannsynlige inntaksstedet for et eventuelt råvannsinntak, og derfor ble det lagt spesiell vekt på analyseresultatene fra stasjon 1 i dette området ved vurderingen.

På grunn av høy lufttemperatur og avsmelting fra områder i nedbørfeltet med breer og permanente snøleier, ble det tilført mye breslam til Årdalsvatn sommeren 1997. Dette førte til sterkt redusert siktedyp, bare 3.5-4.5 m.

Analyseresultatene for en lang rekke parametre ble sammenlignet med de grenseverdier for ulike grader av egnethet som er gitt i SFT-veiledning (Statens forurensningstilsyn) nr.92:06; "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann", utarbeidet av Holtan og Rosland (1992) og "Forskrifter om drikkevannsforsyning og drikkevann m.m. nr.68", utgitt av Sosial- og helsedepartementet 1995.

Dette ga som resultat at vannmassene i Årdalsvatn ved stasjon 1, basert på analyseresultatene fra 1997, var "godt egnet" til "egnet" for pH, konduktivitet og farge. Turbiditeten viste "egnet" til "mindre egnet". Verdiene for fosfor og nitrogen viste "godt egnet". Metallanalysene viste "godt egnet" for de fleste metaller, bare innholdet av aluminium kom inn under kategorien "mindre egnet", mens innholdet av kadmium varierte mellom "godt egnet" og "mindre egnet".

Planteplanktoninnholdet viste ultraoligotrofe, svært næringsfattige vannmasser som tilsier "godt egnet".

Innholdet av termotolerante koliforme bakterier (44 °C), særlig på stasjon 1, var til tider så stort at det gir betegnelsen "mindre egnet" og tildels "ikke egnet", basert på SFTs klassifiseringskriterier for egnethet av råvann til drikkevann. Dette er basert i første rekke på innholdet i 30 m dyp 25. august

med 1380 bakterier pr.100 ml og selv på stasjon 2 med mer enn 250 pr.100 ml, men også bl. annet på et relativt høyt innhold i 6 m dyp 22.september.

Selv om vannmassene for de fleste parametres vedkommende lå godt innenfor intervallet "godt egnet", trekker særlig det store innholdet av termotolerante koliforme bakterier, men også innholdet av aluminium og kadmium, helhetsinntrykket ned. Den samlede vurdering ut fra dagens situasjon må bli "mindre egnet" (0-10 m dyp) for vannmassene i Årdalvatn ved stasjon 1 som råvannskilde for drikkevannsforsyningen, med mindre man installerer tilstrekkelig behandling. (Se forøvrig oversikt neste side).

1. Innledning

1.1 Tidligere undersøkelser og bakgrunn

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført flere undersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn. De første spredte undersøkelsene ble utført i 1969-70 (Kristiansen 1971, Grande 1971). I 1983-84 (Lingsten og medarb. 1986) ble en mer omfattende undersøkelse gjennomført både av Årdalsvatnet, tilløpselvene og utløpselven. Kontrollundersøkelsen som ble gjennomført i 1990 (Brettum 1990) var begrunnet med at det gamle renseanlegget ved Farnes i Øvre Årdal i lengre perioder hadde fungert dårlig, og man ønsket å se om dette hadde hatt nevneverdig påvirkning på vannkvaliteten i Årdalsvatn. På slutten av året 1990 ble et nytt renseanlegg satt i drift til erstatning for det gamle.

Resultatene av undersøkelsene i 1990 skulle danne basis ved senere kontroller for å se om det nye anlegget fungerte tilfredsstillende.

Det nye renseanlegget for kommunalt avløpsvann i Øvre Årdal fikk i første omgang bare mekanisk rensing. Dette kunne virke mangelfullt og NIVA anbefalte derfor kommunen å følge opp med kontrollundersøkelser av vannkvaliteten.

I 1992, 1994 og 1997 ble det så gjennomført nye kontrollundersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn (Brettum 1992, 1995 og 1997).

Ny råvannskilde for drikkevann til Øvre Årdal har vært diskutert i kommunen, og flere alternativer er fremsatt. Som et av alternativene er foreslått å ta råvann fra Årdalsvatnet, fortrinnsvis fra den nordre delen av innsjøen nærmest Øvre Årdal. Det vil si i et område nær stasjon 1. Ved vurderingen av egnethet er derfor resultatene fra stasjon 1 tillagt størst vekt.

1.2 Undersøkelsesprogram

Undersøkelsesprogrammet for kontrollundersøkelsene i 1997 var fastsatt og godkjent da ønsket om en vurdering av Årdalsvannets egnethet som råvannskilde for drikkevann ble lansert.

Det ble derfor aktuelt å utvide prøvetakings- og analyseprogrammet en del. Prøvetakingstidspunktene var de samme, men i tillegg til blandprøver fra 0-10 m dyp fra de fire stasjonene, ble det også samlet inn prøver fra 30 m dyp. Fra stasjon 1 ble det på første prøvetakingsrunde også samlet inn prøver for analyse av de vanlige miljøparametrene fra 50 og 60 m dyp. På første prøvetakingsrunde (20. juli) ble

det fra stasjon 1 i tillegg samlet inn prøver for analyse av innholdet av ulike metaller og organiske forbindelser (PAH).

Foruten prøver for fysisk-kjemiske analyser omfattet kontrollprogrammet prøver for analyser av planteplanktoninnholdet, som blandprøver 0-10 m dyp, og prøver for bakteriologiske analyser fra 6 og 30 m dyp.

Temperatur og siktedyp ble målt samtidig med prøvetakingene på alle fire stasjonene.

Kartskissen, figur 1, viser beliggenheten for de fire prøvetakingsstasjonene. Alle analysedata er gitt i tabellene i vedlegget bakerst i rapporten.

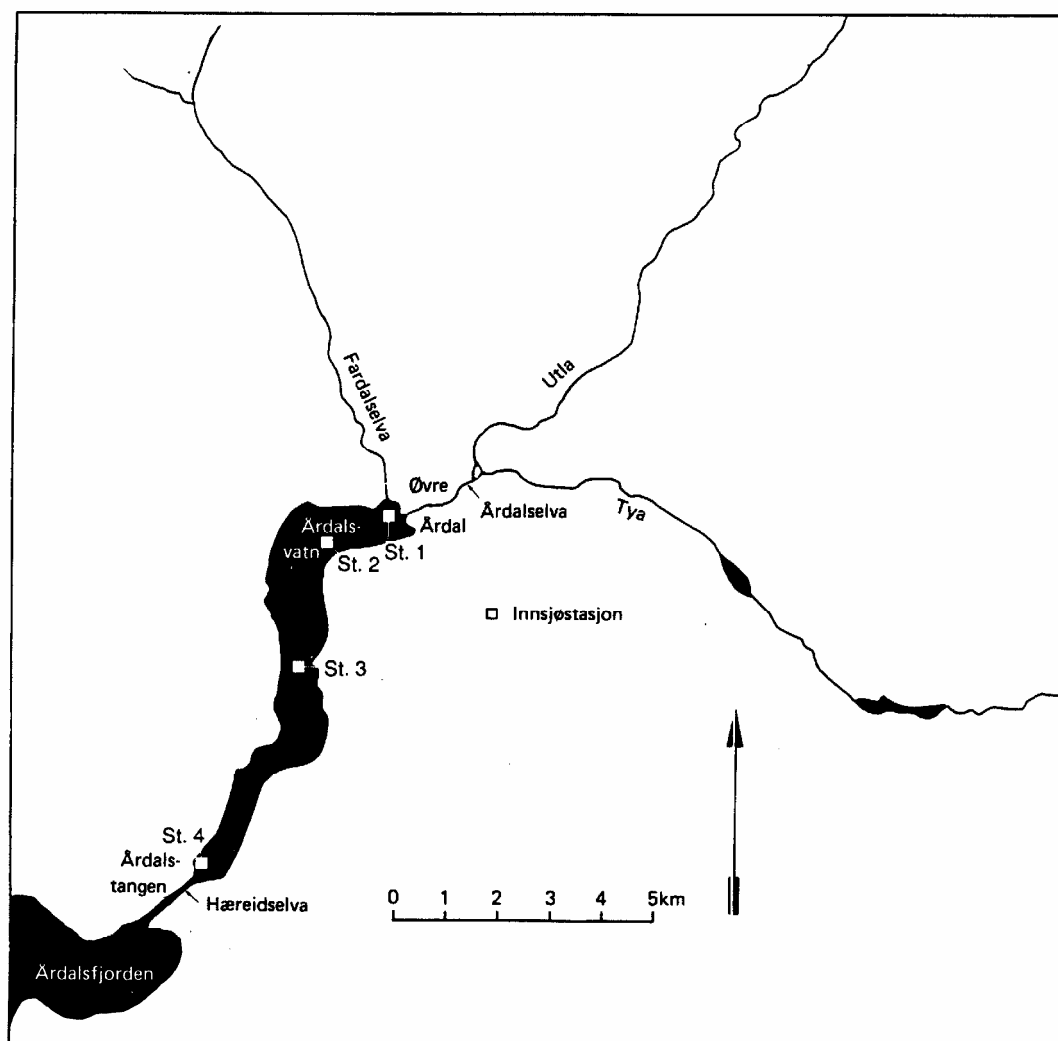


Fig. 1 Prøvetakingsstasjoner i Årdalsvatn 1997.

2. Resultater og diskusjon

2.1 Nedbørforholdene

Øvre Årdal er ikke helt representativ for nedbørforholdene i hele nedbørfeltet for Årdalsvatnet. Indre fjordstrøk vil ofte ligge delvis i regnskyggen, og nedbøren er derfor mindre på årsbasis enn f.eks i deler av fjellområdene. Årsnedbør i Øvre Årdal på 600-700 mm er lite sammenlignet med målestasjoner i fjellheimen som registrerer opp til 1500 mm.

En må likevel anta at de relative variasjonene fra måned til måned i store trekk vil være forholdsvis like.

I figur 2 er satt opp månedssum for nedbør i sommerperioden i Øvre Årdal i 1997. I juni var det nesten det dobbelte av den normale nedbøren, mens det i juli var under det normale og i august var noe over det normale. I september derimot var det svært lite nedbør i 1997.

Samlet nedbør for perioden juni-september var imidlertid svært nær summen for normalen i den samme perioden. Normalen bygger på resultater fra årene 1961-90.

2.2 Lufttemperaturen

Da det ikke er noen målestasjon for lufttemperatur i Øvre Årdal, må en benytte resultatene fra Lærdal, som er nærmeste meteorologiske målestasjon som registrerer variasjoner i temperaturen.

Figur 2 viser at det var gjennomgående høye temperaturer (døgnmiddel) det meste av sommeren. Spesielt høye temperaturer ble målt i august, mens den falt raskt utover i september. I august var det flere dager med døgnmiddel på 20 °C og mer.

2.3 Vannføring

I figur 2 er også sammenstilt vannføringsdata for Utlei i Øvre Årdal i perioden juni-september 1997.

En topp i midten av juni og begynnelsen av juli for vannføringen skyldtes både stor nedbør og avsmelting i fjellet. Vannføringen i perioden juli-september var relativt liten.

Utlei fører i stor grad vann som drenerer fra breområder og faste snøleier, og i perioder med lite nedbør vil mye av vannet i elven være smeltevann fra slike områder i sommerperioden.

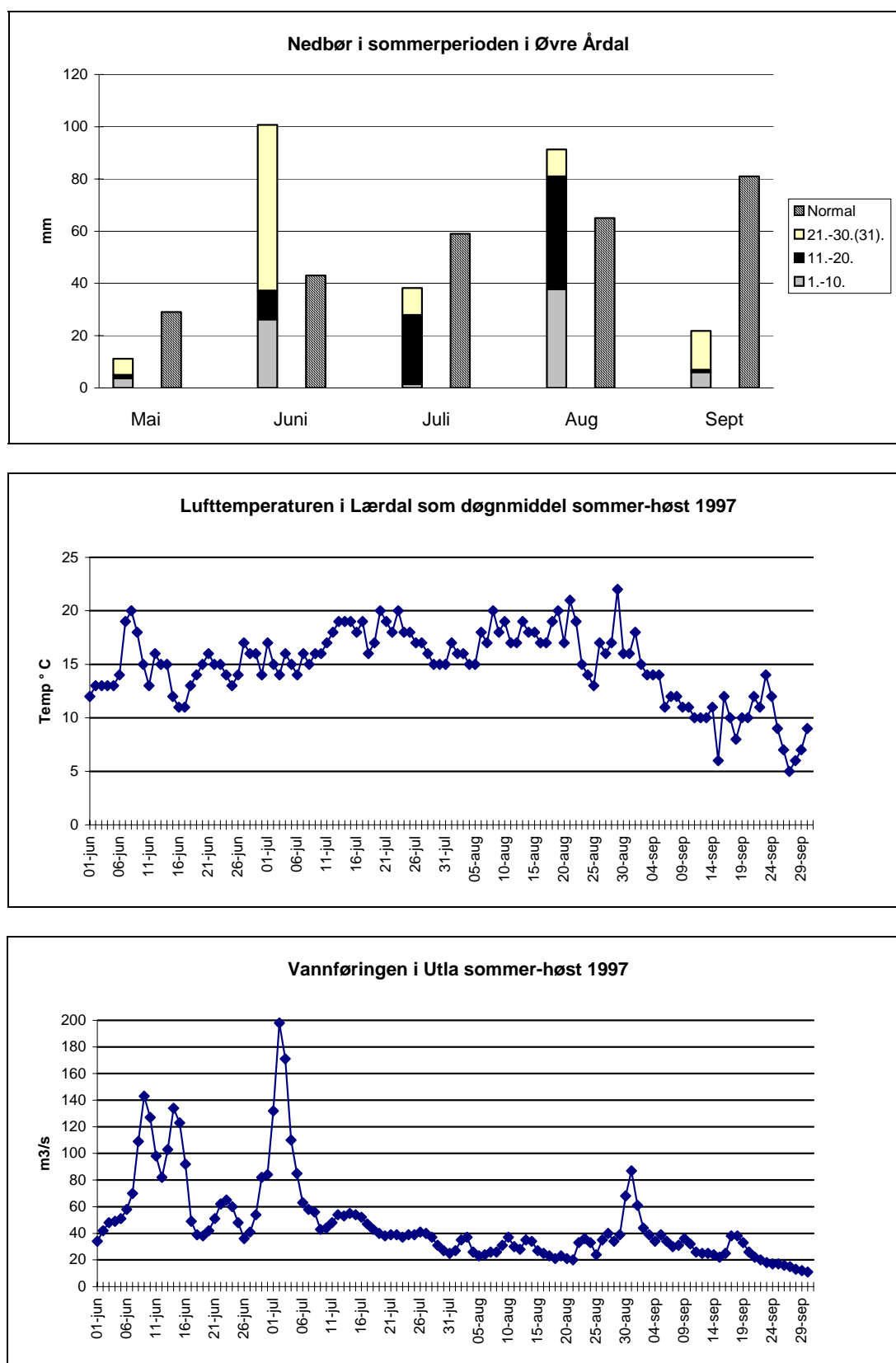


Fig. 2 Variasjoner i nedbør (Øvre Årdal), døgnmiddel lufttemperatur (Lærdal) og vannføring i Utlea (Øvre Årdal) i 1997.

2.4 Fysisk-kjemiske forhold

Analyseresultatene for de fysisk-kjemiske parametrene på de fire prøvetakingsstasjonene i 1997 er gitt i figurene 3-8 og tabellene 2-6 i vedlegget. Der er også tabellene med temperaturmålingene samlet (tabell 1).

Analysemetodikken for pH, konduktivitet, turbiditet og farge følger Norsk Standard (NS). Til analyse av næringssaltene (totalfosfor, ortofosfat, totalnitrogen og nitrat) er benyttet en automatisert versjon av metodene beskrevet i Norsk Standard. Analysene av TOC (totalt organisk karbon) er utført gjennom oksydasjon ved UV-belysning og peroksodisulfat.

Metallanalysene er utført etter akkrediterte metoder på ICP-ms og de organiske forbindelsene (PAH) er analysert etter akkreditert metode H 2-1.

Som grunnlag for å vurdere egnetheten av Årdalsvatnet som råvannskilde til drikkevannsforsyningen i Øvre Årdal, har en benyttet Holtan og Rosland (1992) og "Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m." utgitt av Sosial- og helsedepartementet (1995), og heretter betegnet; "Forskriftene (1995)".

I Forskriftene har en tre kategorier av råvannskvalitet gradert etter den behandling som må finne sted for at den skal godkjennes til drikkevannsformål, ut fra innholdet av ulike stoffer.

- **Kategori A1** Råvann som trenger enkel fysisk behandling og desinfeksjon, f.eks. siling, lufting og desinfeksjon.
- **Kategori A2** Råvann som trenger vanlig fysisk og kjemisk behandling og desinfeksjon, f.eks. koagulering, flokkulering, sedimentering, filtrering, desinifisering (etterklorering).
- **Kategori A3** Råvann hvor det kreves inngående fysisk og kjemisk behandling, polering og desinifisering, f.eks. koagulering, flokkulering, sedimentering, filtrering, adsorpsjon (aktivt karbon), desinifisering (ozon, etterklorering).

2.4.1 Temperatur og siktedyp

Temperaturmålingene (tabell 1 i vedlegget) viser at det var relativt god sirkulering av vannmassene i undersøkelsesperioden i de øverste 30 m. I juli var det en viss termisk sjiktning, selv om den ikke var særlig markant. På dette tidspunktet var det omkring 10.5-11.5 °C i 1 m dyp på de fire stasjonene.

Dette er ikke spesielt høye temperaturer i Årdalsvatnet i juli, og viser at smeltevann fra breområdene påvirket vanntemperaturen. På den annen side var det en periode med stabilt sommervær slik at lufttemperaturen var høy.

Som figur 3 viser var siktedypet lite gjennom hele undersøkelsesperioden sommeren og høsten 1997. Det varierte mellom 3.3 og 4.5 m. Dette var betydelig lavere enn de fleste målingene fra tidligere år (Brettum 1997). Bare 1. august 1994 var det mindre siktedyp. Da ble det nevnt at det i alt vesentlig skyldtes mer finfordelte partikler på grunn av tilførsler av smeltevann fra breområdene. Resultatene fra 1997 viser at det var slikt smeltevann som også dominerte tilførslene dette året.

Brepartikkelmaterialet påvirker i betydelig grad siktedypet da det kan føres med vannmassene forholdsvis langt vekk fra innløpet. Siktedypet varierte i 1994 mellom 2.7 og 12 m på de fire stasjonene, så variasjonen kan være stor. Innholdet av planktoniske alger (se senere) er så lite at dette har liten eller ingen innflytelse på siktedypet.

2.4.2 Surhetsgrad, konduktivitet, turbiditet og farge

Analyseresultatene av disse parametrene er vist i tabellene 2-5 (vedlegg), og variasjonene i de enkelte parametrene for de fire stasjonene i 1997 er fremstilt i figurene 4 og 5.

Vannets surhetsgrad (pH-verdi) varierte i 1997 svært lite på stasjonene. Verdiene lå mellom 6.18 og 6.54, og det var gjennomgående liten forskjell på 0-10 m og 30 m dyp. Også resultatene for 20. juli på 50 og 60 m dyp, stasjon 1, lå innenfor dette intervallet. Stasjon 1 skilte seg ikke vesentlig ut fra de andre.

Konduktiviteten (ledningsevnen) er et mål for mengden av oppløste salter i vannmassene. I 1997 varierte denne lite gjennom sesongen, og lå for det meste mellom 0.8 og 1 mS/m. Dette gjaldt både 0-10 m og 30 m dyp for alle stasjonene. Verdiene for 20. juli på stasjon 1 var litt høyere enn på de andre stasjonene, også i 50 og 60 m dyp. Verdiene for konduktivitet i Årdalsvatnet som helhet er svært små, noe som viser et lite innhold av oppløste salter. Variasjonene som registreres er i store trekk innenfor de naturlige variasjoner.

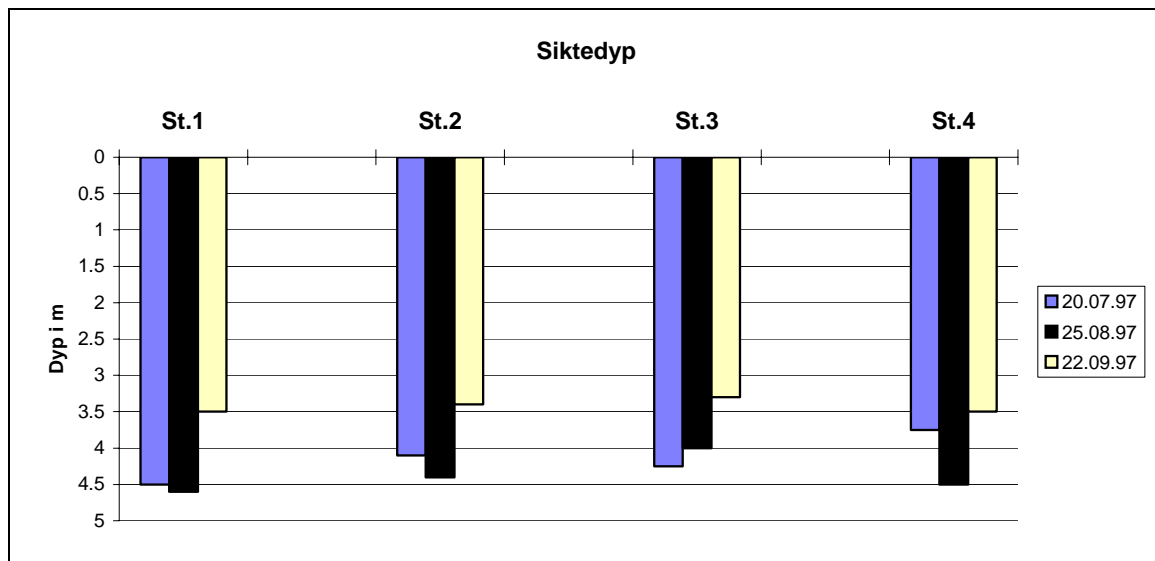


Fig. 3 Variasjoner i siktedyp på stasjonene i Årdalsvatn 1997.

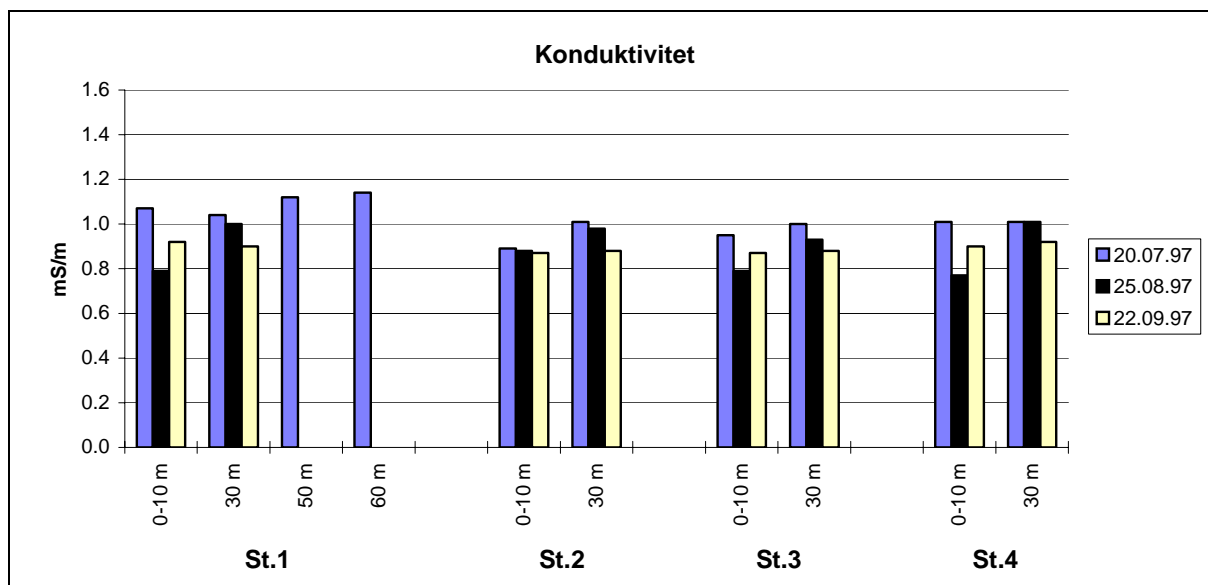
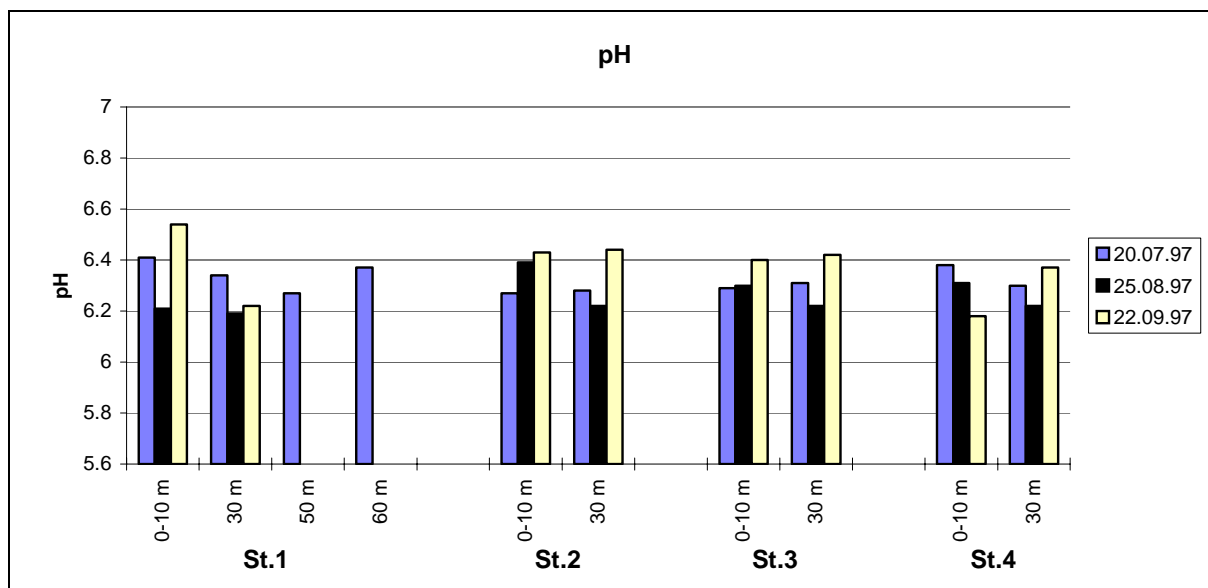


Fig. 4 Variasjoner i pH og konduktivitet på stasjonene i Årdalsvatn 1997.

I vannmasser som er direkte påvirket av avrenningsvatn fra nærområdene tidlig på sesongen og fra høyfjellsområdene senere i sesongen, og hvor vannføringen vanligvis varierer mye i løpet av sommersesongen, vil en få variasjoner i verdiene. Gjennom prøvetakingsperioden i 1997 var imidlertid variasjonene små på alle stasjonene, noe som viser at vannføringen i elvene var relativt jevn i perioden.

Vannets innhold av partikler (turbiditet) varierer vanligvis sterkt i Årdalsvatn som en direkte følge av tilført smeltevatn fra isbreer og høyfjellsområder. Størst er partikkelinnholdet i juli-august når avsmeltingen i høyfjellet er kraftigst. Da øker også innholdet av breslam. Dette fører til svært nedsatt siktedyp i vannet (se tidligere). Minst blir siktedypet hvis andelen av finfordelte breslamspartikler øker. I 1997 var det mindre andel av smeltevatn fra snøsmelting i høyfjellet, og regn. Dermed økte den prosentvise andelen av finfordelte breslamspartikler i elvevannet.

Verdiene for turbiditet i 1997 varierte lite i 0-10 m dyp, bare mellom 1.0 og 1.5 FTU, mens det tidligere år har vært store variasjoner stasjonene sett under ett. I 1994 lå turbiditeten mellom 0.47 og 1.9 FTU (Brettum 1997). I 60 m dyp på stasjon 1 den 20. juli ble det imidlertid registrert noe lavere verdier, og i 30 m dyp den 25. august var partikkelinnholdet, særlig på stasjon 1 og 2, svært mye lavere. Der var turbiditeten bare mellom 0.3 og 0.5 FTU, mens den økte noe på stasjon 3 og 4. Dette henger sammen med at de finfordelte breslampartiklene sedimenterer langsommere gjennom vannmassene, og derfor registreres i dypere vann lenger vekk fra innløpet. Siktedypet korrelerer i store trekk omvendt med turbiditeten (partikkelinnholdet) i innsjøer som Årdalsvatnet, der planteplanktoninnholdet er ekstremt lite.

Vannets fargetall (filtrert farge) er et mål på innholdet av løste, hovedsakelig organiske forbindelser. I 1997 var høyeste registrerte verdi i undersøkelsesperioden (stasjon 1 i september) på 3.65 mg/l Pt. Dette viser, som tidligere år, at det er svært lite innhold av organisk materiale i vannmassene i Årdal.

Verdiene for pH, farge og turbiditet ligger i det alt vesentlige innenfor klassene "godt egnet" og "egnet", selv om noen av turbiditetsverdiene faller innenfor klasse "mindre egnet" etter Holtan og Rosland (1992).

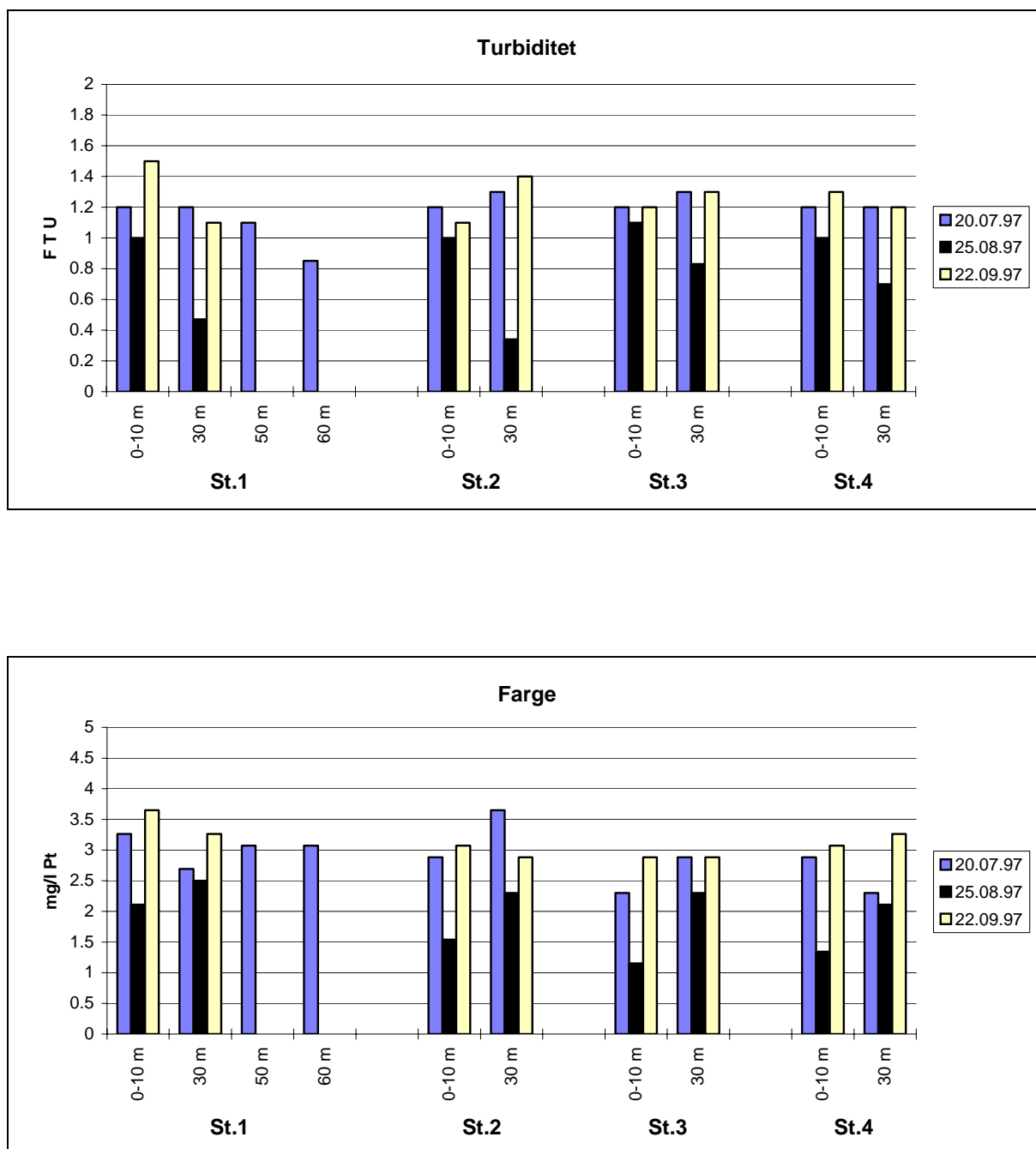


Fig. 5 Variasjoner i turbiditet og farge på stasjonene i Årdalsvatn 1997.

2.4.3 Næringssaltene fosfor og nitrogen

Analyseresultatene for 1997 av fosfor og nitrogen er gitt i tabellene 2-5 (vedlegg) og i figur 6 og 7. Av figur 6 fremgår at det i 1997 var verdier for totalfosfor som i hovedsak lå mellom 3-5 $\mu\text{g/l P}$. I 1994 varierte disse mellom 3 og 7 $\mu\text{g/l P}$. Både verdiene for 1994 og 1997 viser som hovedtrend en økning i innholdet av totalfosfor sammenlignet med målingene fra 1990 og 1992 (Brettum 1997).

Verdiene for ortofosfat, som er et mål på mengdene av fosfor som er tilgjengelig for algevekst, lå mellom 2-4 $\mu\text{g/l P}$ i 1997. Sammenligner en her med 1990 og 1992 viser også innholdet av ortofosfat i 1994 og 1997 en økende tendens (Brettum 1997). I figur 6 er vist variasjonene både i totalfosfor og ortofosfat på de ulike tidspunkter i 1997. Det er særlig på de tre stasjonene 1, 2 og 3 at forskjellene er mest markerte i forhold til 1990 og 1992. Selv om variasjoner i fosfor i stor grad henger sammen med partikkeltilførsler, gjenspeiler nok økningen i 1994 og 1997, særlig på stasjon 1 men også stasjon 2, tilskudd til vannmassene fra renseanleggets avløpsvann.

I figur 7 er det gjort en tilsvarende fremstilling av variasjonene i totalnitrogen og nitrat på de fire stasjonene i innsjøen. Totalnitrogen lå i hovedsak mellom 92 og 265 $\mu\text{g/l N}$ (unntak st.1 den 20. juli med 445 $\mu\text{g/l N}$) og nitrat mellom 52 og 81 $\mu\text{g/l N}$ i 1997. Dette var stort sett noe lavere enn de registrerte verdier for 1994, med et par unntak. Verdiene for totalnitrogen og nitrat i 1997 var omtrent som verdiene for 1990 og 1992 (Brettum 1997).

Analyseresultatene for totalfosfor og totalnitrogen i 1997 tilsier, etter Holtan og Rosland (1992), at vannmassene i Årdalsvatn er "godt egnet" som råvannskilde for drikkevann basert på disse parametrene.

2.4.4 Totalt organisk karbon (TOC)

Med unntak for TOC-verdien på stasjon 1 den 20. juli på 1.5 mg/l C , lå alle verdier på de ulike stasjonene i 1997 under 1 mg/l C og for det meste mellom 0.2 og 0.6 mg/l C (figur 8). Dette viser svært lite innhold av organisk materiale i vannmassene i Årdalsvatn. Verdiene for farge (filtrert), som også gir et mål på innholdet av løst organisk stoff, var svært lave og varierte etter samme mønster som totalt organisk karbon (se foran). Største avvik var på stasjon 1 den 20. juli 1997, da den høye verdien for TOC ikke gjenspeilet seg i verdien for filtrert farge på samme tidspunkt. Den høyere verdien kan være uorganisk karbonat fra brepartiklene.

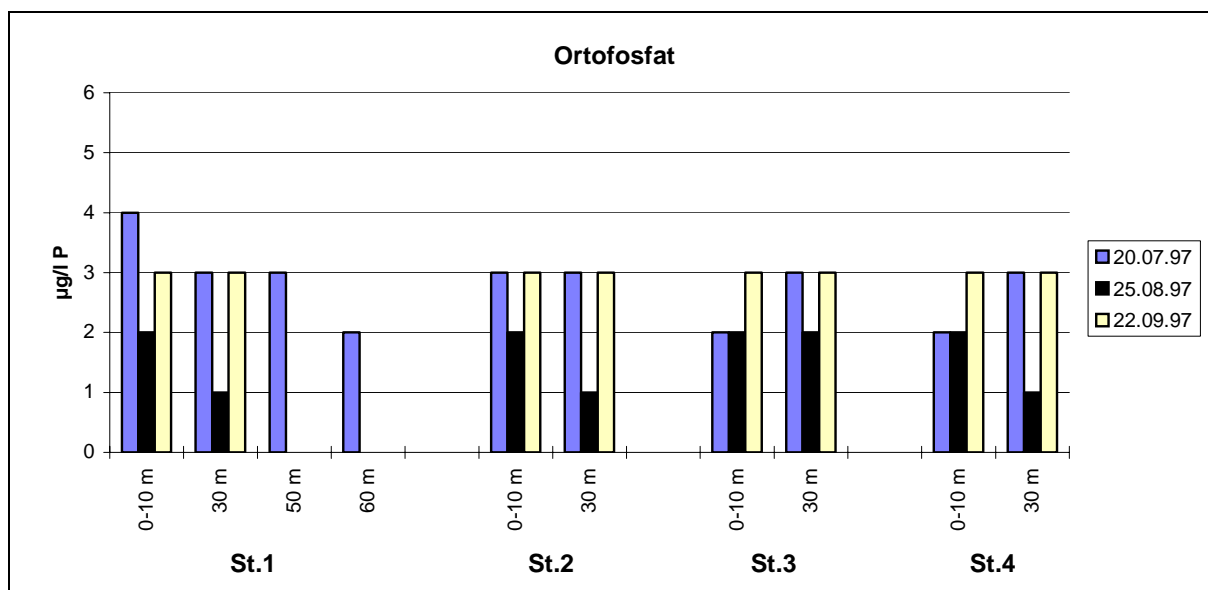
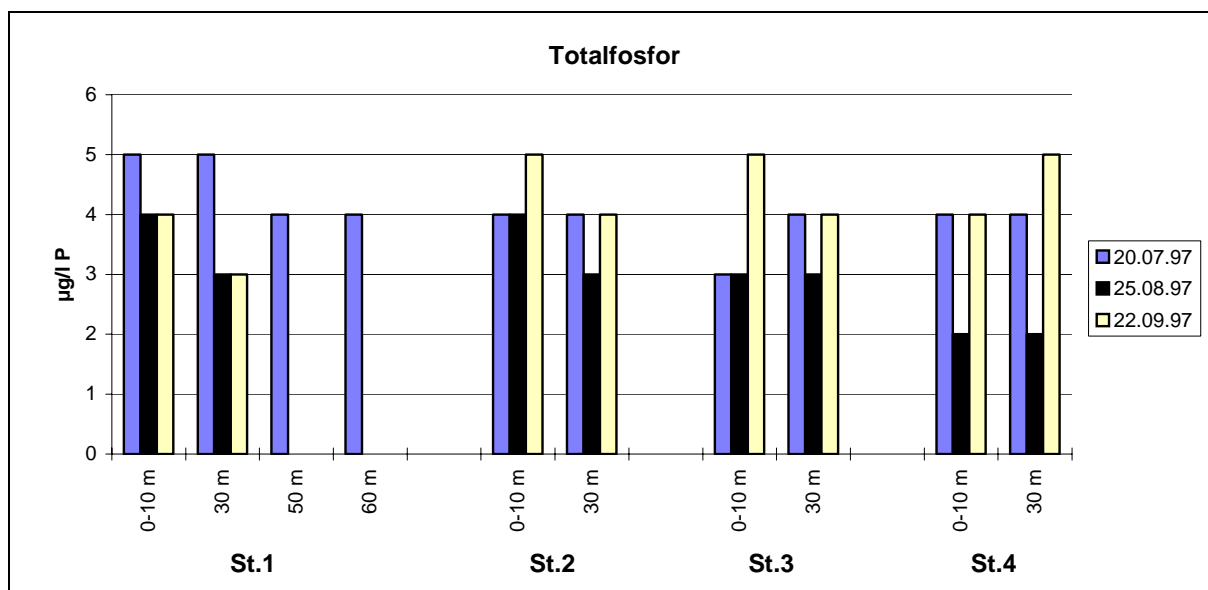


Fig. 6 Variasjoner i totalfosfor og ortofosfat på stasjonene i Årdalsvatn 1997.

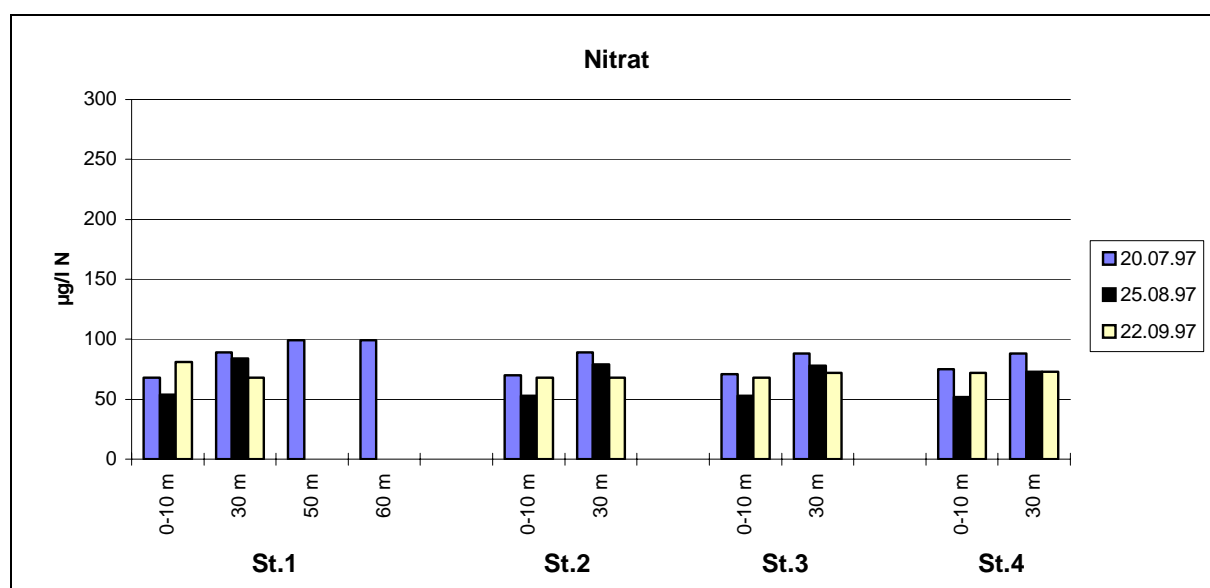
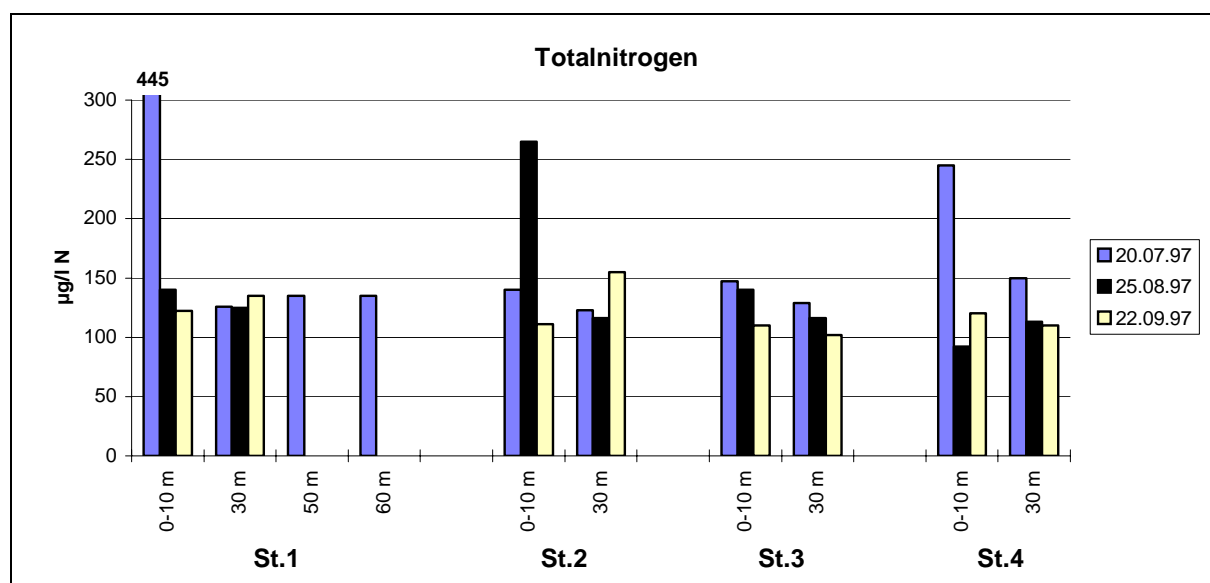


Fig. 7 Variasjoner i totalnitrogen og nitrat på stasjonene i Årdalsvatn 1997.

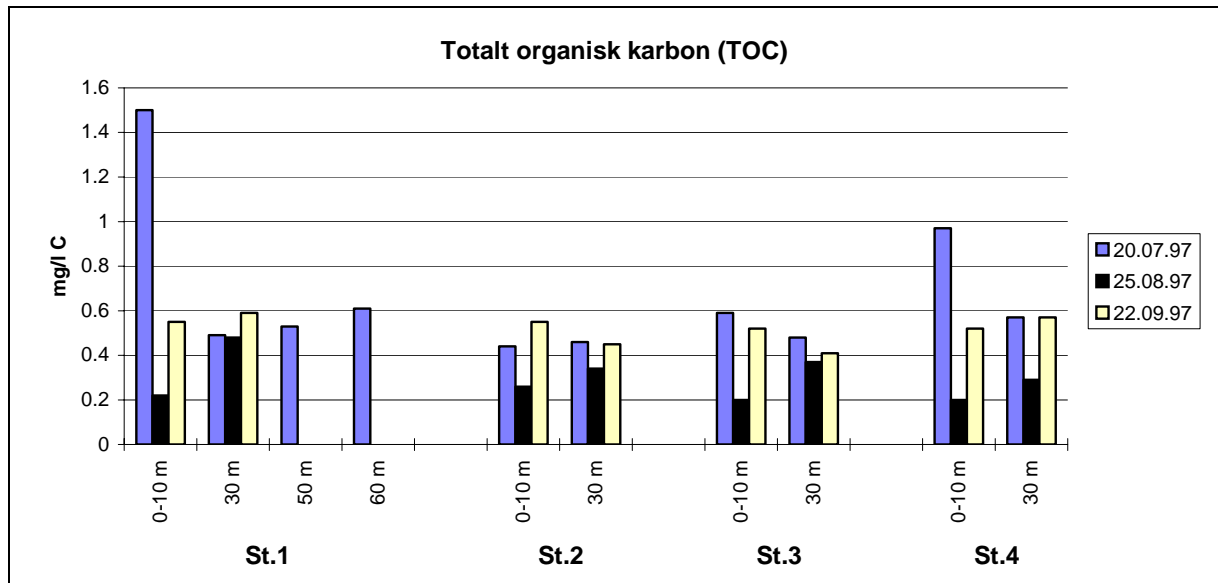


Fig. 8 Variasjoner i totalt organisk karbon (TOC) på stasjonene i Årdalsvatn 1997.

Innholdet av totalt organisk karbon er meget lite, og langt under maksimumsverdien for "godt egnet" etter Holtan og Rosland (1992).

2.4.5 Innholdet av metaller

Til grunn for vurderingen av metallinnholdet i Årdalsvatnet er lagt analyseresultatene fra prøver samlet på stasjon 1 20. juli som blandprøve fra 0-10 m dyp, og fra 30, 50 og 60 m dyp (tabell 2 i vedlegget).

Aluminium (Al)

Verdiene varierte mellom 59 og 70 µg/l Al. Laveste verdi fra 60 m og høyeste fra 30 m dyp. Holtan og Rosland (1992) klassifiserer dette til betegnelsen "mindre egnet" for denne parameter.

Kadmium (Cd)

For dette metallet viste analyseresultatene et innhold som varierte mellom 0.041 og 0.37 µg/l Cd, lavest i 50 m og høyest i blandprøven fra 0-10 m dyp. I følge Holtan og Rosland (1992) gir disse verdiene variasjon fra "godt egnet" til "mindre egnet". Etter Forskriftene (1995) klassifiserer verdiene til kategori A1, beste kategori.

Kopper (Cu)

Kopperinnholdet varierte mellom 1.9 og 4 µg/l Cu, minst i 50 m og mest i 0-10 m dyp. Hos Holtan og Rosland (1992) er dette verdier som tilsier "godt egnete" vannmasser. Også i Forskriftene (1995) ligger dette godt innenfor grenseverdiene for kategori A1, beste kategori.

Jern (Fe)

Verdiene for jerninnholdet i Årdalsvatn på st.1 20. juli varierte mellom 24 og 34 µg/l Fe. Dette er meget lave verdier som tilsier beste kategori for egnethet til drikkevann.

Kvikksølv (Hg)

Deteksjonsgrensen for kvikksølv i analyseprosedyren ligger på 0.001 µg/l Hg. Dette er meget lave verdier og kvikksølv ble ikke registrert i prøvene.

Mangan (Mn)

Verdiene for mangan var relativt like i alle dyp og lå mellom 2.5 og 3.0 µg/l Mn, mest i 60 m dyp. Hos Holtan og Rosland (1992) tilsier det "godt egnet" vann. Også i Forskriftene (1995) gir dette beste kategori, kategori A1.

Nikkel (Ni)

Innholdet av nikkel i vannmassene lå mellom 0.58 og 1.3 µg/l Ni, høyeste verdi i 30 m og laveste i 50 m dyp. Dette er verdier som ligger godt under maksimumsgrensen for "godt egnet" råvann hos Holtan og Rosland (1992). Forskriftene (1995) har ingen kategorigrenser for denne parameter.

Bly (Pb)

Blyinnholdet i vannmassene varierte mellom 0.22 og 0.62 µg/l Pb, mest i 0-10 m prøven og minst i 30 m dyp. Også registrerte verdier for dette metallet lå godt under grenseverdien for "godt egnet" råvann hos Holtan og Rosland (1992). Verdiene er også svært mye lavere enn grenseverdien for kategori A1 i Forskriftene (1995).

Sink (Zn)

Sinkverdiene viser noe større variasjon i de ulike dyp enn de fleste andre metaller. Høyeste verdi ble registrert i blandprøven fra 0-10 m dyp med 22 µg/l Zn. I de andre dypene var verdiene mellom 3.6 og 8.0 µg/l Zn. Selv verdien for 0-10 m dyp med 20 µg/l Zn ligger innfor maksimumsverdien for "godt egnet" hos Holtan og Rosland (1992), men da dette er blandprøve fra hele vannsjiktet mellom overflaten og 10 m dyp, er det ikke usannsynlig at verdiene kan ha vært høyere i enkelte dyp innenfor dette vannsjiktet, og derfor har overskredet grenseverdien mot kategori "egnet", som har en nedre grense på 30 µg/l Zn.

Krom (Cr)

Krom ble ikke i noe dyp registrert med verdier over deteksjonsgrensen. Nedre deteksjonsgrense for denne parameter er 0.2 µg/l Cr.

2.4.6 Organiske forbindelser (PAH)

Som nevnt ble det tatt prøver for analyse av PAH i 0-10, 30, 50 og 60 m dyp. Analyseverdiene er vist i tabell 6 i vedlegget. Verdiene for PAH samlet hadde en høyeste verdi på 0.0437 µg/l som viser helt ubetydelige mengder. Forskriftene (1995) tilsier verdier under 0.2 µg/l som grensen for kategori A1. Selv det stoff som man har mest oppmerksom rettet mot blant de polysykliske aromatiske hydrokarbonene, Benzo(a)pyren, hadde kun verdi på 0.0005 µg/l. Øvre grense for denne komponenten i drikkevannssammenheng er satt til 0.001 µg/l.

2.5 Planteplankton

Det ble i 1997, som tidligere år, samlet inn kvantitative planteplanktonprøver fra de fire stasjonene i Årdalsvatn samtidig med prøver for fysisk-kjemiske analyser og bakteriologiske analyser. Prøvene ble samlet inn samtidig med prøver for kjemiske analyser som blandprøver 0-10 m dyp.

Analyseresultatene er gitt i tabellene 7-10 (se vedlegg), og variasjonene i totalvolum og sammensetning av de viktigste algegruppene på de fire stasjonene er vist i figur 9. Prøvene er analysert og algevolumene beregnet etter metodikk utarbeidet av Utermöhl (1958) og Rott (1981). Nærmere beskrivelse av analysemetodikken finnes også hos Brettum (1984).

Som det fremgår av tabellene og figuren var det på alle fire stasjonene på prøvetakingstidspunktene et meget beskjedent innhold av planteplankton i 1997, og mengde og sammensetning var svært lik de registrerte verdiene fra tidligere undersøkelsesår (Brettum 1997).

Figuren viser at totalvolumet av planteplankton varierte svært lite på de fire stasjonene, og bare en av prøvene ble registrert med et større totalvolum enn $100 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ ($100 \text{ mg}/\text{m}^3$ våtvekt).

I figuren er også fremstilt variasjonene i den prosentvise andel av hver av de viktigste planteplanktongruppene gjennom vekstsesongen. Viktigste planteplanktongruppe som prosent andel av totalvolumet i 1997 var, som tidligere år, Chrysophyceae (gullalger) på alle stasjonene. Viktigste arter innen denne gruppen var ulike former for chrysomonader.

Også gruppene Dinophyceae (fureflagellater) og Cryptophyceae (svelgflagellater) var til tider av vekstsesongen av en viss betydning i planteplanktonsamfunnet. Arter av et noe større antall innen disse gruppene var *Gymnodinium* cf. *lacustre* blant dinoflagellatene og *Cryptomonas* spp. og *Rhodomonas lacustris* blant cryptomonadene. I næringsfattige innsjøer vil gruppen "µ-alger" (små kuleformete, ikke nærmere identifiserte former med diameter 2-4 µm), utgjøre en prosentvis større andel av det samlede planteplankton enn i andre typer innsjøer. Dette er også tilfelle i Årdalsvatn.

Nivået for totalvolum og variasjonene i sammensetningen av planteplanktongrupper og -arter gjennom vekstsesongen viser et samfunn karakteristisk for svært næringsfattige, ultraoligotrofe vannmasser.

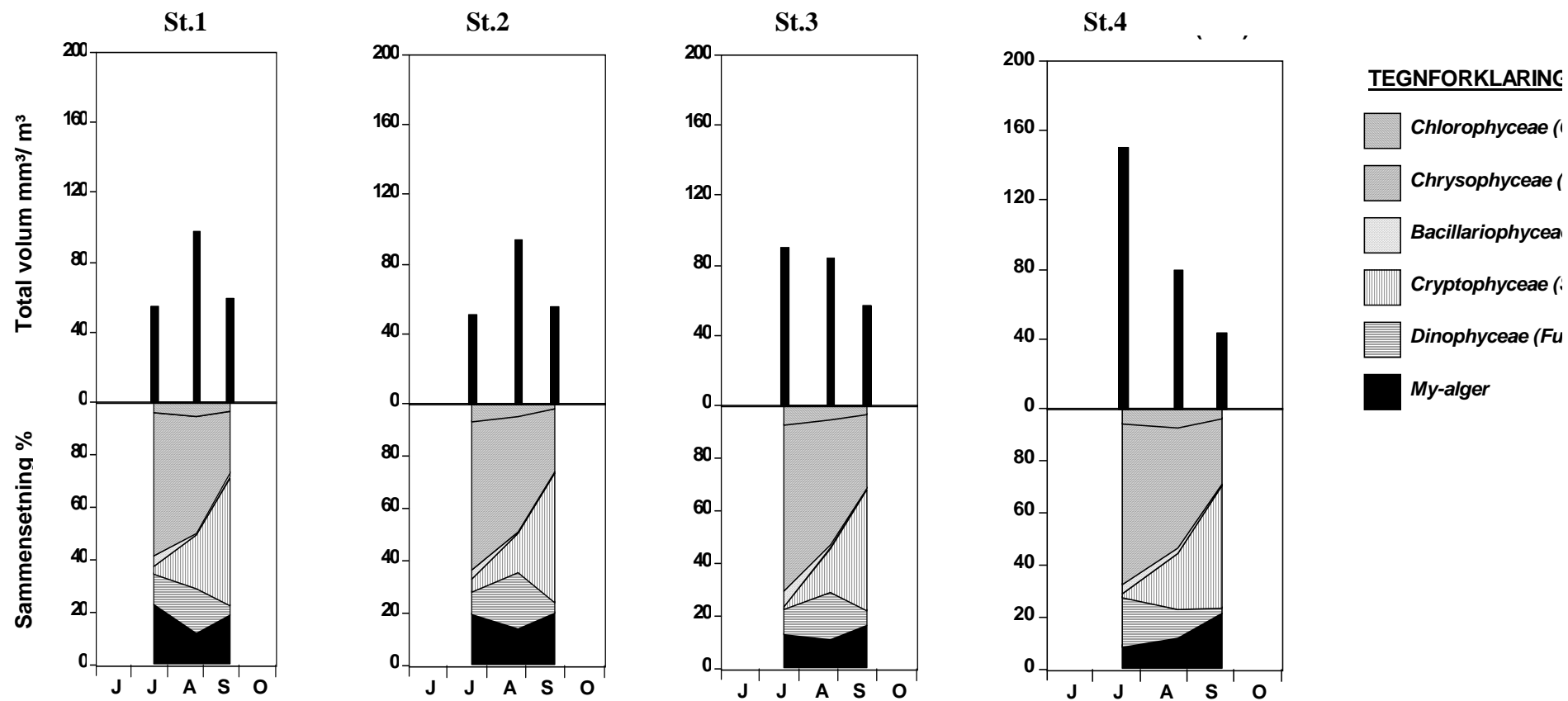















































































Fig. 9 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton på de fire prøvetakingsstasjonene i Årdalsvatn 1997.

Klassifisering av Årdalsvatns egnethet som råvannskilde for drikkevannsforsyningen til Øvre Årdal

Basert på analyseresultatene fra st.1 i Årdalsvatn 1997

Dyp i m	Tot-P	Tot-N	Siktedyp	TOC	Farge	Alkalitet	pH	Turb	Term.tol. bak.44° C	Samlet
Bl.prøve 0-10 m										
30 m										
50 m										
60 m										

Dyp i m	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Hg	Al	Fe	Mn	Samlet
Bl.prøve 0-10 m											
30 m											
50 m											
60 m											

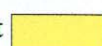
Godt egnet



Egnet



Mindre egnet



Ikke egnet



2.6 Bakteriologiske forhold

I tabell 11 (vedlegg) er satt opp analyseresultatene for bakteriologiske prøver samlet inn på de fire stasjonene i 1997. Bakteriologiske prøver ble samlet inn samtidig med prøver for kjemiske analyser og analyser av planteplanktoninnhold. Analysene omfatter totalantall bakterier/ml (kimtall) ved 22 °C, som er et mål på bakterieinnholdet totalt, og termotolerante koliforme bakterier/100 ml ved 44 °C. De bakteriologiske prøvene ble samlet inn fra 6 og 30 m dyp på hver stasjon. Koliforme bakterier (37°C) er et mål på fekal forurensning fra varmblodige dyr og mennesker, men også en del jordbakterier inngår her. Termotolerante koliforme bakterier (44°C) er et mål på sikre tarmbakterier.

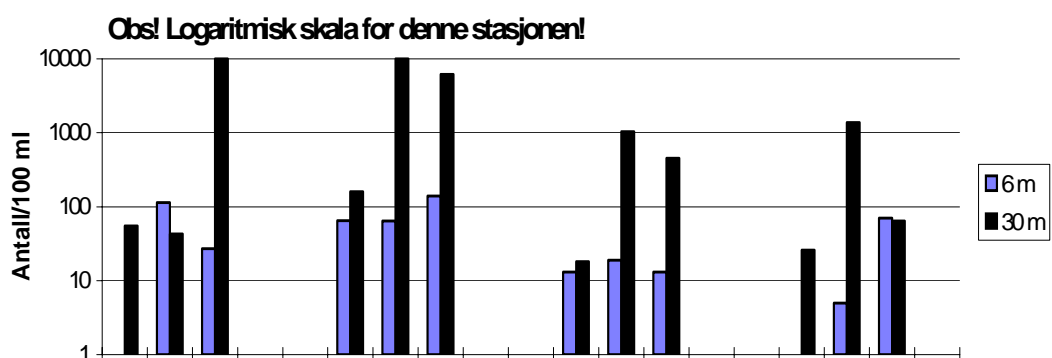
Kimtallet, eller totalantall bakterier, er et indirekte mål på den organiske belastningen generelt, og avspeiler både påvirkningen av kloakkvann og eventuell annen tilførsel av organisk materiale til vannmassene.

Tabell 11 viser, som en må forvente, at det høyeste bakterieinnholdet registreres på stasjon 1 nær utslippsstedet for renseanlegget i Øvre Årdal.

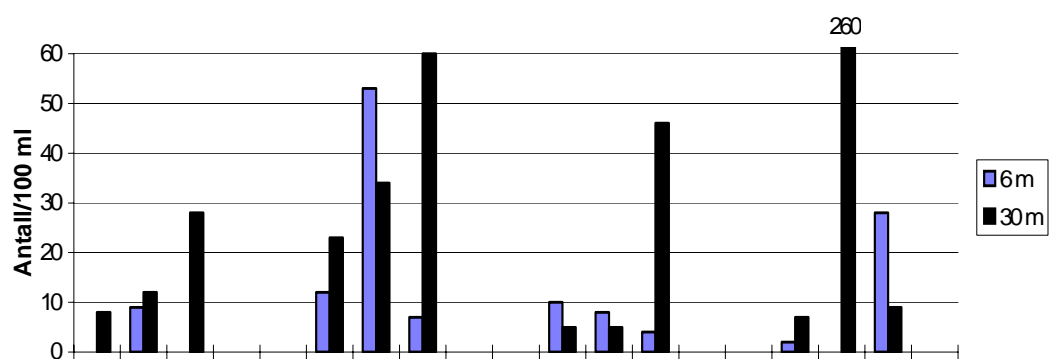
Da innholdet av termotolerante koliforme bakterier (44 °C) er en svært viktig parameter for å bedømme en råvannskildes egnethet til drikkevannsformål, har en valgt å fremstille resultatene for analyseresultatene for alle de fire årene 1990, 92, 94 og 1997 samlet i figur 10 for å få frem variasjonsbredden for denne parameteren. Figuren viser analyseresultatene på de fire stasjonene i henholdsvis 6 m og 30 m dyp.

For 1990 og 1992 var det en jevn nedgang i slike bakterier fra stasjon 1 til stasjon 4 i 6 m og særlig i 30 m dyp, med relativt høyt innhold av bakterier på stasjon 1 både i 6 og 30 m dyp. Verdiene for 30 m dyp var imidlertid høye både på stasjon 2 og 3 i september 1992. Selv om verdiene for 1994 var lavere, særlig for stasjon 1 og 2 i 6 m dyp, var det svært høye verdier for termotolerante koliforme bakterier både på stasjon 2 og 3 det året 28. august i 30 m dyp. Hele 150 termotolerante koliforme bakterier pr.100 ml prøve ble registrert på stasjon 3 ca 4,5 km fra utslippstedet (logaritmisk skala i figuren for resultatene fra stasjon 1!). Innholdet på stasjon 1 vil i stor grad variere avhengig av hvor nær opp til utslippsstedet fra renseanlegget prøvene tas, og vanngjennomstrømningen.

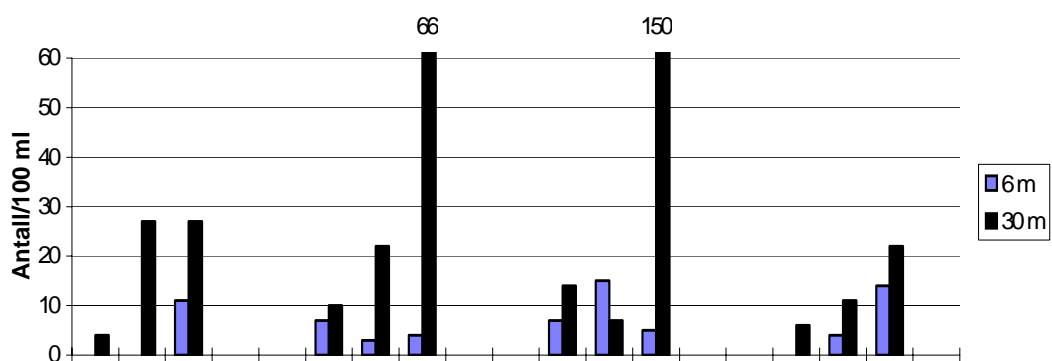
St.1



St.2



St.3



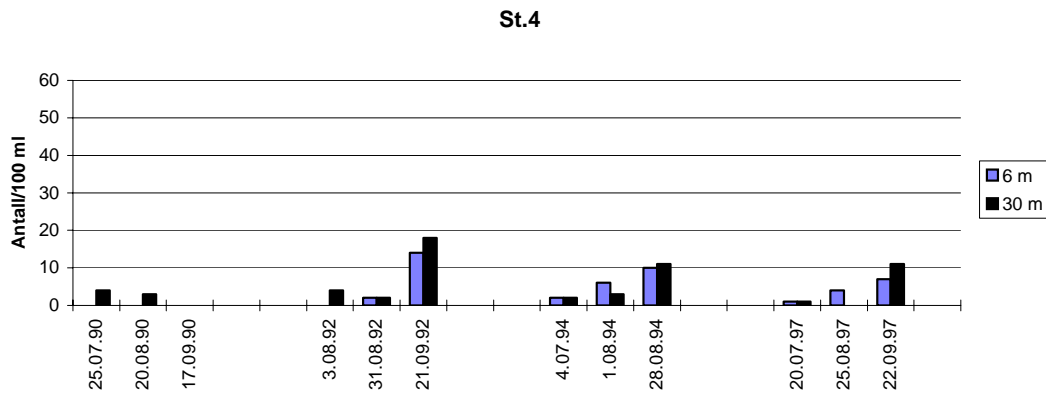


Fig. 10 Variasjoner i antall termotolerante koliforme bakterier (44 ° C) i 6 m og 30 m dyp på stasjonene i Årdalsvatn 1990, 92, 94 og 97.

Utslippene fra renseanlegget fortynnes relativt raskt og gjennomstrømningshastigheten av vannmassene i Årdalsvatn vil være med på å avgjøre hvor mye en finner av termotolerante koliforme bakterier på de andre stasjonene i innsjøen. Omrøring av vannmassene vil også være med på å avgjøre hvor store forskjeller det blir i registrerte mengder av bakterier i de to dypene på stasjonene, selv om tallene gjennomgående vil være noe høyere i 30 m dyp sammenlignet med 6 m dyp.

Resultatene for 1997 viser noe variabelt innhold av termotolerante koliforme bakterier både på stasjon 1 og 2 i 6 m og 30 m dyp. I prøvene for 25. august 1997 på stasjon 2 ble det registrert 260 termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml prøve i 30 m dyp, mens ingen ble registrert i 6 m dyp. På stasjon 1 var det svært høye verdier i 30 m dyp på det tidspunktet; 1380 pr.100 ml.

På stasjon 3 og 4 i 1997 var det, relativt sett, lave bakterietall selv om et visst antall ble registrert i begge dyp på de fleste prøvetakingstidspunktene (hele 22 pr.100 ml prøve på stasjon 3 i 30 m dyp 22. september).

På stasjon 4, som representerer vannmassene i den sørligste del av Årdalsvatn, var innholdet av termotolerante koliforme bakterier i 1997 omtrent det samme som tidligere år. Vann fra dette området benyttes som reserve råvannskilde idag. De bakterielle forholdene i vannmassene i denne del av innsjøen har ikke bedret seg særlig mye sammenlignet med tidligere år.

2.7 Sammenfattende vurderinger

Basert på SFTs klassifiseringskriterier for egnethet viser analyseresultatene for 1997, og da spesielt resultatene fra de ulike dyp på stasjon 1, at for parametrene pH, farge og konduktivitet er vannmassene som råvann for drikkevann "godt egnet" eller "egnet", mens turbiditeten viser "egnet" til "mindre egnet". Resultatene for totalfosfor, totalnitrogen og totalt organisk karbon (TOC) viser alle "godt egnet".

Metallanalysene viser også "godt egnet" for de fleste metaller, bare innholdet av aluminium kommer inn under kategorien "mindre egnet", mens innholdet av kadmium varierer mellom "godt egnet" og "mindre egnet".

Planteplanktoninnholdet viser ultraoligotrofe, svært næringsfattige vannmasser, altså "godt egnet".

Innholdet av bakterier, spesielt termotolerante koliforme bakterier (44 °C) på stasjon 1, var derimot til tider så stort at de må betegnes som "mindre egnet" og tildels også "ikke egnet", basert på det store

innholdet i 30 m dyp 25. august (1380 pr.100 ml) og selv på stasjon 2 med mer enn 250 pr.100 ml i 30 m dyp.

Selv om vannmassene for de fleste parameteres vedkommende ligger innenfor intervallet "godt egnet" trekker det til tider store innholdet av termotabile koliforme bakterier inntrykket så mye ned at helhetsvurderingen ut fra dagens situasjon er "mindre egnet" for vannmassene i Årdalsvatn ved stasjon 1 som råvann til drikkevannsforsyning, ut fra SFTs klassifiseringskriterier

3. Referanser

- Brettum, P. 1984. Planteplankton, telling. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. K. Vennerød (red.). Norsk Limnologiforening. Universitetsforlaget, Oslo. 146-154.
- Brettum, P. 1990. Undersøkelser av Årdalsvatn 1990. O-90143. NIVA-rapp. 2563. 32 s.
- Brettum, P. 1992. Kontrollundersøkelser i Årdalsvatn 1992. O-92130. NIVA-rapp. 2855. 28 s.
- Brettum, P. 1995. Undersøkelser av Årdalsvatn 1994. O-94163. NIVA-rapp. 3247. 35 s.
- Brettum, P. 1997. Undersøkelser av Årdalsvatn 1997. O-97130. NIVA-rapp. 3761-97. 38 s.
- Grande, M. 1971. Hydrologiske undersøkelser i Årdalsvassdraget. Rapport O-90/70. NIVA, Oslo. 19 s.
- Holtan, H. og D. Rosland 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning (Statens forurensningstilsyn) nr. 92:06. Kortversjon. 32 s.
- Kristiansen, H. 1971. Undersøkelser av Årdalsvatn som resipient for Øvre Årdal og vannkilde for Årdalstangen vannverk. Rapport O-22/67. NIVA, Oslo. 32 s.
- Lingsten, L., P. Brettum og J.E. Løvik 1986. Overvåking av Årdalsvassdraget 1983-84. Tiltaksorientert undersøkelse. O-8000233. NIVA-rapp. 1842. 60 s.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. Schweiz. Z. Hydrol. 43. 34-62.
- Sosial- og helsedepartementet 1995. Forskrifter om drikkevannsforsyning og drikkevann m.m. Nr.68, Oslo 1. februar 1995. 38 s.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Verein. Limnol. 9. 1-38.

4. Vedlegg

Tabell 1 Temperatur i ulike dyp på stasjonene i Årdalsvatn 1997

Stasjon 1

	Vanntemperatur °C		
Dato	20.juli	25.aug	22.sept
Dyp i m			
1	11.8	14.0	10.0
3	9.8	14.0	9.9
5	9.5	13.9	9.8
6	9.6	13.9	9.8
7	9.2	13.5	9.8
9	9.1	13.2	9.8
15		12.5	9.8
20		12.1	9.5
25		11.0	9.3
30	6.6	8.5	9.2
40			
50	5.5		
60	5.4		

Stasjon 2

	Vanntemperatur °C		
Dato	20.juli	25.aug	22.sept
Dyp i m			
1	10.6	14.0	10.0
3	9.7	14.0	9.9
5	9.7	13.9	9.9
6	9.6	13.8	9.9
7	9.4	13.5	9.9
9	9.0	13.2	9.9
15		12.5	
20		11.9	9.8
25		10.7	
30	7.0	8.8	9.7

Stasjon 3

	Vanntemperatur °C		
Dato	20.juli	25.aug	22.sept
Dyp i m			
1	11.6	14.0	10.0
3	10.3	13.9	10.0
5	9.5	13.3	9.9
6	9.3	13.0	9.9
7	9.1	13.0	9.9
9	8.5	12.9	9.9
15		12.4	
20		12.0	
25		11.0	
30	7.4	9.1	9.6

Stasjon 4

	Vanntemperatur °C		
Dato	20.juli	25.aug	22.sept
Dyp i m			
1	10.5	14.0	9.9
3	10.0	13.9	9.9
5	9.3	13.1	9.6
6	9.0	13.1	9.6
7	9.1	12.9	9.6
9	8.2	12.8	9.5
15		12.3	9.4
20		12.0	9.3
25		11.5	9.2
30	7.4	9.2	9.0

Tabell 2 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.1, Årdalsvatn 1997

Dato	Siktedyp m	Prøvedyp i m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
20/7	4.5	Bl.pr.0-10 m	6.41	0.056	1.07	1.2	3.26	5	4	445(?)	68	1.5	1.0
		30 m	6.34	0.054	1.04	1.2	2.69	5	3	126	89	0.49	0.9
		50 m	6.27	0.053	1.12	1.1	3.07	4	3	135	99	0.53	1.0
		60 m	6.37	0.054	1.14	0.85	3.07	4	2	135	99	0.61	1.0
25/8	4.6	Bl.pr.0-10 m	6.21	0.056	0.79	1.0	2.11	4	2	140	54	0.22	0.5
		30 m	6.19	0.056	1.00	0.47	2.50	3	1	125	84	0.48	0.8
22/9	3.5	Bl.pr.0-10 m	6.54	0.058	0.92	1.5	3.65	4	3	122	81	0.55	0.5
		30 m	6.22	0.058	0.90	1.1	3.26	3	3	135	68	0.59	0.5

Kjemiske analyseresultater fra ekstraprøver samlet på st.1 i Årdalsvatn 20.juli 1997

Dyp i m	SO ₄ mg/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	PAH-V ng/l	Cr µg/l
0-10	1.2	66	0.65	0.37	4.0	30	< 1.0	0.31	0.16	2.5	0.65	0.95	0.62	22	u	< 0.2
30	1.4	70	0.70	0.10	3.0	34	< 1.0	0.16	0.18	2.8	0.66	1.3	0.22	3.6	u	< 0.2
50	1.5	69	0.78	0.041	1.9	24	< 1.0	0.18	0.19	2.9	0.68	0.58	0.30	5.1	u	< 0.2
60	1.5	59	0.76	0.17	2.2	25	< 1.0	0.18	0.20	3.0	0.69	0.62	0.29	8.0	u	< 0.2

Tabell 3 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.2, Årdalsvatn 1997

Dato	Siktedyp m	Prøvedyp i m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
20/7	4.1	Bl.pr.0-10 m	6.27	0.051	0.89	1.2	2.88	4	3	140	70	0.44	0.7
		30 m	6.28	0.052	1.01	1.3	3.65	4	3	123	89	0.46	0.9
25/8	4.4	Bl.pr.0-10 m	6.39	0.062	0.88	1.0	1.54	4	2	265	53	0.26	0.6
		30 m	6.22	0.056	0.98	0.34	2.30	3	< 1	116	79	0.34	0.8
22/9	3.4	Bl.pr.0-10 m	6.43	0.057	0.87	1.1	3.07	5	3	111	68	0.55	0.5
		30 m	6.44	0.058	0.88	1.4	2.88	4	3	155	68	0.45	0.5

Tabell 4 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.3, Årdalsvatn 1997

Dato	Siktedyp m	Prøvedyp i m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
20/7	4.25	Bl.pr.0-10 m	6.29	0.053	0.95	1.2	2.30	3	2	147	71	0.59	0.7
		30 m	6.31	0.050	1.00	1.3	2.88	4	3	126	89	0.48	0.9
25/8	4.0	Bl.pr.0-10 m	6.30	0.056	0.79	1.1	1.15	3	2	140	53	< 0.20	0.5
		30 m	6.22	0.055	0.93	0.83	2.50	3	2	116	78	0.37	0.8
22/9	3.3	Bl.pr.0-10 m	6.40	0.056	0.87	1.2	2.88	5	3	110	68	0.52	0.5
		30 m	6.42	0.056	0.88	1.3	2.88	4	3	102	72	0.41	0.5

Tabell 5 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.4, Årdalsvatn 1997

Dato	Siktedyp m	Prøvedyp i m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
20/7	3.75	Bl.pr.0-10 m	6.27	0.053	1.12	1.1	3.07	4	3	135	99	0.53	01.0
		30 m	6.37	0.054	1.14	0.85	3.07	4	2	135	99	0.61	1.0
25/8	4.5	Bl.pr.0-10 m	6.31	0.054	0.77	1.0	1.34	2	2	92	52	< 0.20	0.5
		30 m	6.22	0.068	1.01	0.70	2.11	2	1	113	73	0.29	0.8
22/9	3.5	Bl.pr.0-10 m	6.18	0.057	0.90	1.3	3.07	4	3	120	72	0.52	0.6
		30 m	6.37	0.056	0.92	1.2	3.26	5	3	110	73	0.57	0.6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

P.O.Boks 173 Kjelsås, 0411 OSLO

TESTRAPPORT

Oppdrag

Årdal

Adresse

Oppdragsnr.

97130

Prøver mottatt

21.7.97

Lab.kode

1448 1,2,9,10

Jobb nr.

97/164

Prøvetype

Vann

Kons. i

Ng/l

Metode

H2-1

Dato

22.8.97

Analytiker

Brg

1: St.1 Årdalsvatn 0-10m

2: St.1 Årdalsvatn 30m

3: Årdalsvatn 50m

4: Årdalsvatn 60m

5:

6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	13	2.1	3.2	1.3		
2-M-Naf.	1.6	1.2	<0.5	<0.5		
1-M-Naf.	1	1.1	<0.5	<0.5		
Bifenyl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
2,6-Dimetylnaftalen	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Acenaftylen	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Acenaften	1.7	1.3	0.6	0.5		
2,3,5-Trimetylnaftalen	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Fluoren	1.4	0.4	<0.5	<0.5		
Fenantren	7.8	2.9	2.3	2		
Antracen	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
1-Metylfenantren	0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Fluoranten	7.5	5.4	3.9	4		
Pyren	2.1	2	1.5	1.5		
Benz(a)antracen*	0.5	0.5	<0.5	<0.5		
Chrysen/trifenylen	2	1.8	1.3	1.6		
Benzo(b)fluoranten*	2.2	1.4	1.2	1.3		
Benzo(j,k)fluoranten*	<0.5	0.5	<0.5	<0.5		
Benzo(e)pyren	0.7	0.6	<0.5	0.6		
Benzo(a)pyren*	0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Perylen	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Ind.(1,2,3cd)pyren*	0.6	0.5	<0.5	<0.5		
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Benzo(ghi)perylene	0.6	0.5	<0.5	<0.5		
SUM	43.7	22.2	14	12.8		
Derav KPAH(*)	3.8	2.9	1.2	1.3		
%KPAH	8.7	13.1	8.6	10.2		
%Tørrestoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Testresultat gjelder kun for den prøve som er testet.

Tabell 6 Analyseresultater for PAH i ulike dyp på st.1 i Årdalsvatn 20. juli 1997.

Tab.7 Pl.pl.st.1 (tabellen kan hentes hos Brettum)

Kvantitative planteplankton analyser: Å r d a l s v a t n (S t . 1)

Dato ⇒	970720	970825	970922
Gruppe	Volum	Volum	Volum
Arter			
Chlorophyceae (grønnalger)			
Ankistrodesmus falcatus	0.2	0.4	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	0.1	0.3	0.1
Cosmarium sphagnicolum v.pachygonum	.	.	0.3
Crucigenia quadrata	.	0.4	.
Koliella sp.	2.1	3.8	1.7
Oocystis submarina v.variabilis	.	0.4	0.1
Sum	2.4	5.2	2.3
Chrysophyceae (gullalger)			
Chromulina sp.	.	.	0.4
Chrysolykos skujai	0.9	0.6	.
Craspedomonader	1.1	0.4	.
Cyster av Chrysolykos skujai	.	0.3	.
Dinobryon borgei	.	0.1	.
Dinobryon crenulatum	0.4	0.4	0.2
Dinobryon cylindricum var.alpinum	0.4	0.1	.
Kephyrion boreale	.	0.3	.
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	2.0	5.9	4.2
Pseudokephyrion entzii	.	.	0.1
Små chrysomonader (<7)	8.4	16.5	3.9
Store chrysomonader (>7)	16.4	18.1	4.7
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	.	1.0	0.2
Sum	29.5	43.7	13.7
Bacillariophyceae (kiselalger)			
Fragilaria sp. (l=40-70)	0.2	.	.
Rhizosolenia eriensis (var.?)	1.9	0.6	.
Tabellaria flocculosa	.	.	1.4
Sum	2.1	0.6	1.4
Cryptophyceae			
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	.	.	0.2
Cryptomonas marssonii	.	.	2.8
Cryptomonas sp. (l=20-22)	1.4	1.0	0.7
Cryptomonas spp. (l=24-28)	.	.	1.6
Katablepharis ovalis	.	0.2	0.4
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	0.2	18.5	22.7
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	.	.	0.6
Sum	1.6	19.7	29.0
Dinophyceae (fureflagellater)			
Gymnodinium cf.lacustre	1.7	1.5	0.2
Gymnodinium sp. (l=14-16)	1.7	1.9	0.2
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	.	7.2	.
Ubest. dinoflagellat (l=9-10)	0.5	0.7	.
Ubest.dinoflagellat	2.7	5.6	1.8
Sum	6.6	16.9	2.3
My - alger			
My-alger	12.6	12.1	11.4
Total sum (mm ³ /m ³ = mg våtvekt/m ³)	54.9	98.2	60.1

Tab.8 Pl.pl st.2 (tabellen kan hentes hos Brettum)

Kvantitative planteplankton analyser: Å r d a l s v a t n (S t . 2)

Dato ⇒	970720	970825	970922
Gruppe	Volum	Volum	Volum
Arter			
Chlorophyceae (grønnalger)			
Ankistrodesmus falcatus	0.7	0.4	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	.	.	0.1
Cosmarium sp. (l=8 b=8)	.	0.7	.
Cosmarium sphagnicolum v.pachygonum	0.2	.	.
Crucigenia quadrata	.	0.7	.
Dictyosphaerium subsolitarium	.	0.2	0.2
Koliella sp.	2.3	2.0	0.7
Oocystis submarina v.variabilis	.	0.4	0.2
Staurodesmus triangularis	0.3	.	.
Sum	3.5	4.5	1.3
Chrysophyceae (gullalger)			
Bitrichia chodatii	.	0.3	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	0.5	.
Chrysolykos skujai	1.1	0.1	.
Craspedomonader	1.9	0.1	0.1
Dinobryon borgei	0.1	0.1	.
Dinobryon crenulatum	.	0.4	0.2
Dinobryon cylindricum var.alpinum	0.3	0.4	.
Kephyrion boreale	.	0.3	.
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	4.3	6.7	3.3
Små chrysomonader (<7)	7.7	12.5	4.3
Store chrysomonader (>7)	13.8	20.7	5.6
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	.	.	0.2
Sum	29.2	42.0	13.6
Bacillariophyceae (kiselalger)			
Achnanthes sp. (l=15-25)	.	.	0.2
Eunotia lunaris	0.2	.	.
Rhizosolenia eriensis (var.?)	1.6	0.4	.
Sum	1.7	0.4	0.2
Cryptophyceae			
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	.	.	0.7
Cryptomonas marssonii	.	.	2.1
Cryptomonas sp. (l=20-22)	1.8	0.2	3.1
Cryptomonas spp. (l=24-28)	.	.	1.6
Katablepharis ovalis	.	1.1	0.4
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	0.7	12.5	19.7
Sum	2.5	13.8	27.6
Dinophyceae (fureflagellater)			
Cyster av dinophyceer	.	0.5	.
Gymnodinium cf.lacustre	1.5	2.9	0.7
Gymnodinium sp. (l=14-16)	1.0	2.2	1.0
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	.	8.8	.
Ubest. dinoflagellat (l=9-10)	0.7	0.3	.
Ubest.dinoflagellat	1.4	5.6	0.5
Sum	4.5	20.2	2.2
My-alger			
My-alger	10.1	13.6	11.4
Total sum (mm ³ /m ³ = mg våtvekt/m ³)	51.4	94.5	56.3

Tab.9 Pl.pl st.3 (tabellen kan hentes hos Brettum)

Kvantitative planteplankton analyser: Å r d a l s v a t n (S t . 3)

Dato ⇒	970720	970825	970922
Gruppe	Volum	Volum	Volum
Arter			
Chlorophyceae (grønnalger)			
Ankistrodesmus falcatus	0.8	1.2	.
Crucigenia quadrata	0.3	.	.
Koliella sp.	5.5	2.8	0.7
Oocystis submarina v.variabilis	.	0.6	0.7
Ubest. kuleformet gr.alge (d=9)	.	.	0.6
Sum	6.7	4.5	2.0
Chrysophyceae (gullalger)			
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	0.5	.
Chrysolykos skujai	2.3	0.3	.
Craspedomonader	2.0	.	.
Dinobryon borgei	.	0.4	.
Dinobryon crenulatum	0.4	.	.
Dinobryon cylindricum var.alpinum	1.5	.	.
Kephyrion spp.	.	.	0.1
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	7.7	5.7	3.9
Små chrysomonader (<7)	17.2	14.7	7.2
Spiniferomonas sp.	.	.	0.2
Store chrysomonader (>7)	25.0	18.9	4.7
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	0.6	.	.
Sum	56.7	40.4	16.1
Bacillariophyceae (kiselalger)			
Cyclotella glomerata	.	.	0.2
Fragilaria sp. (l=40-70)	.	.	0.1
Rhizosolenia eriensis (var.?)	5.5	0.8	0.3
Sum	5.5	0.8	0.6
Cryptophyceae			
Cryptomonas marssonii	0.3	0.4	0.7
Cryptomonas sp. (l=20-22)	.	1.4	3.6
Cryptomonas spp. (l=24-28)	.	0.4	2.0
Katablepharis ovalis	.	.	0.2
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica)	0.4	11.9	19.7
Sum	0.7	14.2	26.2
Dinophyceae (fureflagellater)			
Gymnodinium cf.lacustre	3.5	2.2	0.5
Gymnodinium sp. (l=14-16)	1.9	2.6	1.4
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	.	4.8	0.5
Ubest. dinoflagellat (l=9-10)	1.6	0.4	.
Ubest.dinoflagellat	2.3	5.1	1.0
Sum	9.4	15.1	3.5
My-alger			
My-alger	11.6	9.3	9.2
Totalsum (mm ³ /m ³ = mg våtvekt/m ³)	90.4	84.4	57.6

Tab.10 Pl.pl st.4 (tabellen kan hentes hos Brettum)

Kvantitative planteplankton analyser: Å r d a l s v a t n (S t . 4)

Dato ⇒	970720	970825	970922
Gruppe	Volum	Volum	Volum
Arter			
Chlorophyceae (grønnalger)			
Ankistrodesmus falcatus	0.8	0.4	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	0.3	0.3	.
Cosmarium sp. (l=8 b=8)	0.4	.	.
Crucigenia quadrata	0.8	.	.
Koliella sp.	6.0	4.8	0.8
Oocystis submarina v.variabilis	.	0.3	0.2
Ubest. kuleformet gr.alge (d=9)	.	.	0.6
Sum	8.2	5.7	1.6
Chrysophyceae (gullalger)			
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	.	0.2
Chrysolykos skujai	3.5	0.6	0.1
Craspedomonader	1.0	.	.
Dinobryon borgei	0.5	0.1	.
Dinobryon crenulatum	0.8	0.7	.
Dinobryon cylindricum var.alpinum	2.4	1.2	.
Kephyrion boreale	0.4	0.3	.
Løse celler Dinobryon spp.	.	0.5	.
Mallomonas spp.	2.0	.	.
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	8.7	5.4	2.4
Små chrysomonader (<7)	26.0	11.1	4.0
Store chrysomonader (>7)	47.4	17.2	4.3
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	0.6	.	0.2
Sum	93.4	37.1	11.1
Bacillariophyceae (kiselalger)			
Eunotia lunaris	.	.	0.2
Rhizosolenia eriensis (var.?)	4.5	1.7	0.2
Tabellaria flocculosa	0.8	.	.
Sum	5.3	1.7	0.4
Cryptophyceae			
Cryptomonas marssonii	.	0.4	0.9
Cryptomonas sp. (l=20-22)	0.2	4.6	1.9
Cryptomonas spp. (l=24-28)	.	0.8	0.8
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	2.4	11.3	16.7
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	.	.	0.1
Sum	2.6	17.1	20.4
Dinophyceae (fureflagellater)			
Gymnodinium cf.lacustre	21.3	2.2	.
Gymnodinium sp. (l=14-16)	2.9	1.0	0.7
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	.	2.0	.
Ubest. dinoflagellat (l=9-10)	2.0	0.2	.
Ubest.dinoflagellat	2.0	3.2	0.2
Sum	28.2	8.6	1.0
My-alger			
My-alger	13.4	10.2	9.4
Total sum (mm ³ /m ³ = mg våtvekt/m ³)	151.0	80.4	43.9

Tabell 11 Bakterieanalyser fra Årdalsvatn 1997

	St.1		St.2		St.3		St.4	
	6 m	30 m	6 m	30 m	6 m	30 m	6 m	30 m
20.07.97								
Tot.antall bakt.	49	84	55	54	110	59	93	430
Term.tol.kolif.bakt.	0	26	2	7	0	6	1	1
25.08.97								
Tot.antall bakt.	98	1880	58	1040	118	272	80	184
Term.tol.kolif.bakt.	5	1380	0	260	4	11	4	0
22.09.97								
Tot.antall bakt.	340	680	150	330	236	1030	50	350
Term.tol.kolif.bakt.	70	64	28	9	14	22	7	11

Tot.antall bakt. = Totalantall bakterier 22 °C. Antall pr.ml.

Term.tol.kolif.bakt. = Termotolerante koliforme bakterier 44 °C. Antall pr.100 ml.